



286

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **05 SEP. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Réservé à
L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

REMISE DES PIÈCES DATE 19 NOV 2002 LIEU 38 INPI GRENOBLE N° D'ENREGISTREMENT 0214460 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 19 NOV. 2002 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet Michel de Beaumont 1 rue Champollion 38000 GRENOBLE	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B5807			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/>		N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de Brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° Date / /	
Transformation d'une demande de brevet européen		N° Date / /	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) RÉALISATION DE TRANCHÉES FINES ET RAPPROCHÉES			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date / / Pays ou organisation Date / / <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
Nom ou dénomination sociale		STMicroelectronics SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
ADRESSE		29, Boulevard Romain Rolland	
Rue			
Code postal et ville		92120 MONTRouGE	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

Réservé à
L'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE **19 NOV 2002**
LIEU **38 INPI GRENOBLE**

N° D'ENREGISTREMENT **0214460**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier :

(facultatif) B5807

6 MANDATAIRE

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet Michel de Beaumont

N° de pouvoir permanent et/ou
de lien contractuel

ADRESSE

Rue

1 Rue Champollion

Code postal et ville

38000

GRENOBLE

N° de téléphone (facultatif)

04.76.51.84.51

N° de télécopie (facultatif)

04.76.44.62.54

Adresse électronique (facultatif)

cab.beaumont@wanadoo.fr

7 INVENTEUR (S)

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non

Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur (s) séparée

8 RAPPORT DE RECHERCHE

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat

☒

ou établissement différé

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui

☒ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX DES
REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

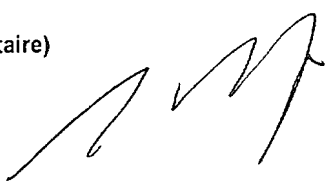
☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :

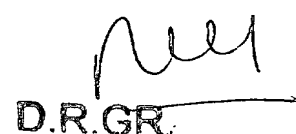
Si vous avez utilisé l'imprimé "Suite", indiquez
le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE**
(Nom et qualité du signataire)

Michel de Beaumont
Mandataire n° 92-1016



VISA DE LA PREFECTURE
OU DE L'INPI



D.R.GR.

RÉALISATION DE TRANCHÉES FINES ET RAPPROCHÉES

La présente invention concerne la réalisation de tranchées étroites et rapprochées dans un substrat semiconducteur.

5 La largeur minimale d'une tranchée et l'espacement entre tranchées dépendent de façon classique du dispositif de lithographie utilisé pour insoler des résines photosensibles. Plus l'insolation est précise, plus il est possible d'obtenir des tranchées très étroites après gravure.

10 Dans la mesure où il n'est pas forcément possible de se procurer un dispositif de lithographie permettant d'obtenir des tranchées étroites, la présente invention a pour objet de réaliser des tranchées ayant une largeur inférieure à la largeur minimale normalement possible avec un dispositif de lithographie donné.

15 Pour atteindre cet objet, la présente invention prévoit un procédé de formation de tranchées étroites dans un substrat de silicium comprenant les étapes de gravure du substrat pour former des premières tranchées séparées par des premières nervures de silicium ; d'oxydation thermique du
20 substrat pour former une couche d'oxyde de silicium se développant dans et à l'extérieur du silicium, d'où il résulte que l'on obtient des secondes tranchées plus étroites que les

premières tranchées et des secondes nervures de silicium plus étroites que les premières nervures de silicium ; de remplissage des secondes tranchées avec des doigts d'un matériau gravable ; de gravure de l'oxyde de silicium jusqu'à la surface supérieure des secondes nervures en conservant des portions d'oxyde de silicium entre lesdits doigts de matériau gravable et les secondes nervures ; d'élimination par gravure des secondes nervures de silicium et desdits doigts de matériau gravable ; de gravure de l'oxyde de silicium pendant une durée suffisante pour découvrir le substrat au fond des portions d'oxyde de silicium, en laissant en place des doigts d'oxyde de silicium ; et de gravure anisotrope du substrat entre les doigts d'oxyde pour former des tranchées étroites dans le substrat.

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, l'étape de remplissage est effectuée selon les deux étapes suivantes : dépôt d'une couche de matériau gravable remplissant totalement les secondes tranchées et recouvrant la couche d'oxyde de silicium ; et gravure de ladite couche de matériau gravable pendant une durée suffisante pour laisser en place seulement des doigts dans les secondes tranchées ;

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, une étape supplémentaire de retrait desdits doigts d'oxyde de silicium est prévue.

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, le procédé comprend en outre les étapes suivantes : dépôt d'une couche de remplissage composée d'un matériau gravable sélectivement par rapport au substrat, la couche de remplissage remplissant totalement les tranchées étroites et recouvrant les nervures du substrat séparant les tranchées étroites ; gravure de la couche de remplissage jusqu'à découvrir les nervures du substrat, en conservant le matériau présent entre les nervures ; polissage mécano-chimique de la partie supérieure des nervures ; et retrait du matériau restant entre les nervures.

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, la largeur et l'espacement des premières tranchées sont identiques et la durée de l'oxydation thermique du substrat est prévue de façon à obtenir des tranchées étroites
5 sensiblement identiques.

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, le matériau gravable utilisé pour remplir les secondes tranchées est du silicium polycristallin.

Selon une variante de mise en oeuvre du procédé
10 précédemment décrit, les secondes nervures de silicium et les doigts de matériau gravable sont gravés simultanément.

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers
15 faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

les figures 1 à 9 illustrent des étapes successives d'un procédé de fabrication de tranchées étroites selon la présente invention ;

20 la figure 10 représente la forme réelle des tranchées étroites obtenues selon le procédé principal de la présente invention ; et

les figures 11 à 14 illustrent un mode de réalisation particulier des dernières étapes d'un procédé selon la présente
25 invention.

Les figures sont des vues en coupe du substrat initial et des différentes couches obtenues après chacune des étapes de fabrication de tranchées étroites selon la présente invention.

La figure 1 représente un substrat 1 dans lequel sont
30 formées des tranchées T1. Ces tranchées ont été réalisées en utilisant un dispositif de lithographie et un procédé de gravure standard permettant au mieux d'obtenir des motifs de 1,2 μm de largeur et distants de 1,2 μm . Dans l'exemple illustré, on a formé des tranchées T1 d'une profondeur de 2 μm . Les tranchées
35 T1 sont séparées par des nervures S1 du substrat.

A l'étape suivante, illustrée en figure 2, on procède à une oxydation thermique pour former une couche d'oxyde de silicium 2 ayant dans cet exemple une épaisseur de $0,6 \mu\text{m}$. On obtient des tranchées T2 plus étroites que les tranchées initiales T1. Les nervures de substrat ont rétréci uniformément d'environ $0,3 \mu\text{m}$ formant des nervures de substrat S2 moins larges que les nervures de substrat initiales S1. De même, le fond des tranchées T1 s'est creusé de $0,3 \mu\text{m}$. Au final, les tranchées T2 et les nervures S2 ont toutes une largeur égale à sensiblement $0,6 \mu\text{m}$ et sont séparées par une couche d'oxyde de silicium de sensiblement $0,6 \mu\text{m}$ de largeur.

A l'étape suivante, illustrée en figure 3, on dépose une couche de silicium 3, pour former dans cet exemple du silicium polycristallin, de façon à remplir totalement les tranchées T2 et à recouvrir la couche d'oxyde de silicium 2. L'épaisseur de la couche de silicium polycristallin 3 au dessus des nervures de substrat S2 est dans cet exemple au moins égale à $1,5 \mu\text{m}$.

A titre de variante, on pourra déposer un autre matériau que du silicium. De préférence, on choisira un matériau pouvant être gravé selon le même procédé de gravure que le silicium avec une vitesse sensiblement identique afin de simplifier la partie du procédé décrit en relation avec la figure 6.

A l'étape suivante, illustrée en figure 4, on grave la couche de silicium polycristallin 3, de façon sélective par rapport à l'oxyde de silicium, jusqu'à découvrir l'oxyde de silicium 2 recouvrant les nervures de substrat S2. La gravure est alors interrompue de sorte qu'il reste des doigts 4 de la couche de silicium polycristallin 3 dans les tranchées T2.

A l'étape suivante, illustrée en figure 5, on grave de la couche d'oxyde de silicium 2 pendant une durée suffisante pour découvrir la partie supérieure des nervures S2. La gravure est sélective de façon à conserver intact les doigts de silicium polycristallin 4 ainsi que les nervures S2. On arrive ainsi à

une structure telle que représentée en figure 5 dans laquelle les portions restantes 5 de la couche d'oxyde 2 ont une forme en U séparant les doigts 4 et les nervures S2.

5 A l'étape suivante, illustrée en figure 6, on grave le silicium afin de supprimer les nervures S2 et les doigts de silicium polycristallin 4. La gravure est sélective de façon à conserver intact les portions restantes 5 de la couche d'oxyde 2. Le temps de gravure est prévu pour éliminer complètement les
10 doigts de silicium polycristallin 4 et pour que la gravure s'arrête approximativement au niveau de la base des nervures de silicium S2.

On prévoira éventuellement une étape de gravure supplémentaire, dans le cas où le matériau déposé dans les tranchées T2 ne se grave pas selon le procédé utilisé pour
15 graver les nervures S2. L'étape de gravure supplémentaire devra néanmoins être une gravure sélective par rapport à la couche d'oxyde 2.

A l'étape suivante, illustrée en figure 7, on réalise une gravure anisotrope de l'oxyde de silicium, de façon
20 sélective par rapport au silicium, pendant une durée permettant de découvrir le substrat 1 au fond des portions restantes 5 d'oxyde de silicium en U tout en laissant en place des doigts 6 d'oxyde de silicium. Dans le cadre de l'exemple numérique donné ci-dessus, le temps de gravure est prévu pour graver environ
25 0,6 μm d'oxyde de silicium.

A l'étape suivante, illustrée en figure 8, on réalise une gravure anisotrope des parties du substrat 1 non protégées par les doigts 6 d'oxyde de silicium.

A l'étape suivante, illustrée en figure 9, on retire
30 les doigts 6 d'oxyde de silicium.

On obtient ainsi des tranchées étroites T3 ayant une largeur d'environ 0,6 μm séparées par des nervures S3 ayant également une largeur d'environ 0,6 μm .

Ainsi, à partir d'une structure de tranchées réalisées
35 avec un pas minimal de 1,2 μm , il est possible d'obtenir une

structure comportant le double de tranchées avec un pas de $0,6 \mu\text{m}$.

De façon générale, le procédé de la présente invention permet à partir d'une structure de tranchées réalisées avec un pas minimal correspondant à un appareil de lithographie donné
5 d'obtenir une structure comportant le double de tranchées avec un pas deux fois plus petit.

On pourrait de plus prévoir de répéter le procédé décrit pour obtenir à nouveau le double de tranchées avec un pas
10 de $0,3 \mu\text{m}$ et ainsi de suite.

Comme l'illustre la figure 10, en pratique, à l'étape décrite en relation avec la figure 9, on n'obtient pas la forme en crêneau parfaitement régulière illustrée en figure 9 mais une forme irrégulière telle que celle illustrée en figure 10. La
15 surface supérieure des nervures S3 n'est ni un plan horizontal ni une surface plane mais peut présenter des arêtes en relief. Dans le cas par exemple où l'on souhaite par la suite réaliser des condensateurs dont le diélectrique est constitué d'une fine couche recouvrant uniformément toute la surface de la structure
20 de la figure 10, de telles irrégularités de surface peuvent poser problème. On prévoit alors d'aplanir la partie supérieure des nervures S3, par exemple selon le procédé illustré en relation avec les figures 11 à 14.

Dans une étape préliminaire, illustrée en figure 11,
25 on dépose une couche d'oxyde 8 de façon à remplir totalement les tranchées étroites T3 et à recouvrir les nervures S3. L'épaisseur d'oxyde est dans cet exemple égale à $0,4 \mu\text{m}$.

A l'étape suivante, illustrée en figure 12, on réalise une gravure sèche isotrope de l'oxyde 8 jusqu'à découvrir la
30 partie supérieure des nervures S3 tout en conservant l'oxyde dans les tranchées étroites T3.

A titre de variante, on pourra remplacer l'oxyde 8 par un matériau pouvant être gravé sélectivement par rapport au substrat.

A l'étape suivante, illustrée en figure 13, on réalise un polissage mécano-chimique de façon à aplanir la partie supérieure de la structure.

5 A l'étape suivante finale, illustrée en figure 13, on retire l'oxyde 8. On obtient alors des tranchées étroites T3 séparées par des nervures S2 dont la partie supérieure est totalement plane.

10 Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, l'homme de l'art saura définir les épaisseurs d'oxyde, et de silicium polycristallin ainsi que la durée de gravure de ces derniers en fonction de la largeur, de l'espacement et de la profondeur des tranchées étroites souhaitées.

REVENDICATIONS

1. Procédé de formation de tranchées étroites dans un substrat de silicium (1), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- gravure du substrat pour former des premières tranchées (T1) séparées par des premières nervures de silicium (S1) ;
- oxydation thermique du substrat pour former une couche d'oxyde de silicium (2) se développant dans et à l'extérieur du silicium, d'où il résulte que l'on obtient des secondes tranchées (T2) plus étroites que les premières tranchées (T1) et des secondes nervures de silicium (S2) plus étroites que les premières nervures de silicium ;
- remplissage des secondes tranchées avec des doigts d'un matériau gravable ;
- gravure de l'oxyde de silicium jusqu'à la surface supérieure des secondes nervures en conservant des portions d'oxyde de silicium (5) entre lesdits doigts de matériau gravable et les secondes nervures ;
- élimination par gravure des secondes nervures de silicium et desdits doigts de matériau gravable ;
- gravure de l'oxyde de silicium pendant une durée suffisante pour découvrir le substrat au fond des portions d'oxyde de silicium, en laissant en place des doigts d'oxyde de silicium (6) ; et
- gravure anisotrope du substrat entre les doigts d'oxyde pour former des tranchées étroites (T3) dans le substrat.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape de remplissage est effectuée selon les deux étapes suivantes :

- dépôt d'une couche de matériau gravable (3) remplissant totalement les secondes tranchées et recouvrant la couche d'oxyde de silicium ;

- gravure de ladite couche de matériau gravable pendant une durée suffisante pour laisser en place seulement des doigts (4) dans les secondes tranchées ;

5 3. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape de retrait desdits doigts d'oxyde de silicium.

4. Procédé selon la revendication 3, comprenant en outre les étapes suivantes :

10 - dépôt d'une couche de remplissage (4) composée d'un matériau gravable sélectivement par rapport au substrat, la couche de remplissage remplissant totalement les tranchées étroites (T3) et recouvrant les nervures (S3) du substrat séparant les tranchées étroites ;

15 - gravure de la couche de remplissage jusqu'à découvrir les nervures du substrat, en conservant le matériau présent entre les nervures ;

- polissage mécano-chimique de la partie supérieure des nervures ; et

- retrait du matériau restant entre les nervures.

20 5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la largeur et l'espacement des premières tranchées sont identiques et dans lequel la durée de l'oxydation thermique du substrat est prévue de façon à obtenir des tranchées étroites sensiblement identiques.

25 6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le matériau gravable utilisé pour remplir les secondes tranchées est du silicium polycristallin.

7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les secondes nervures de silicium et les doigts de matériau gravable sont gravés simultanément.

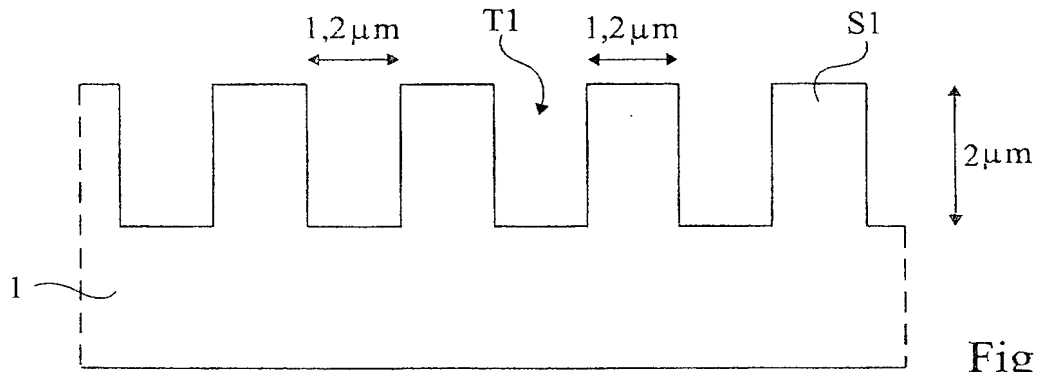


Fig 1

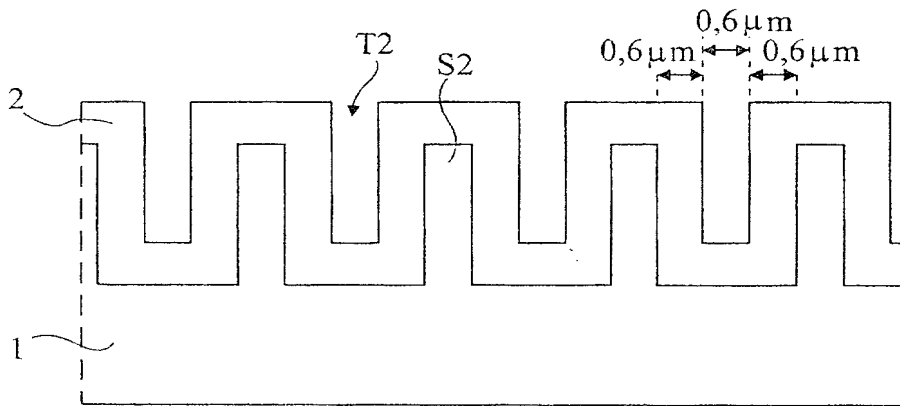


Fig 2

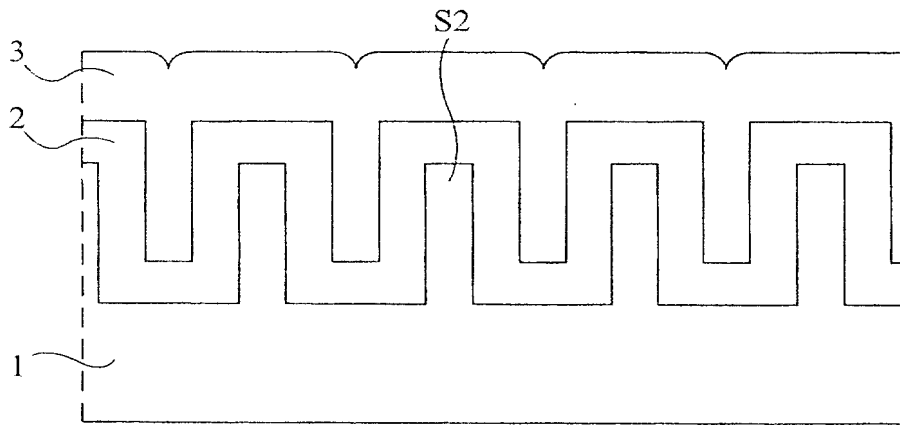


Fig 3

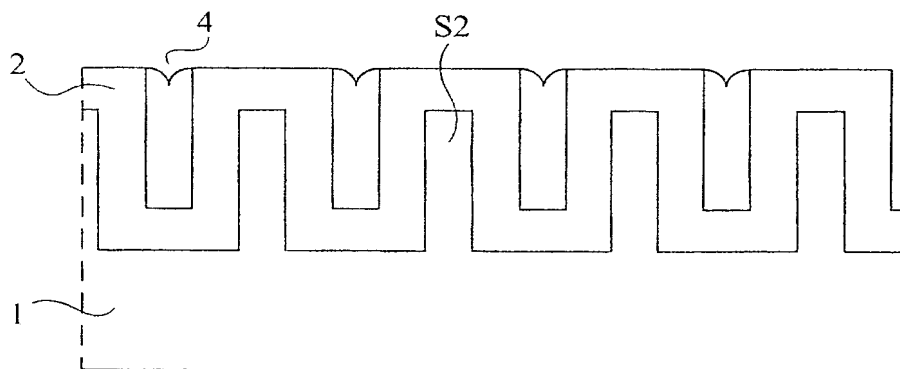


Fig 4

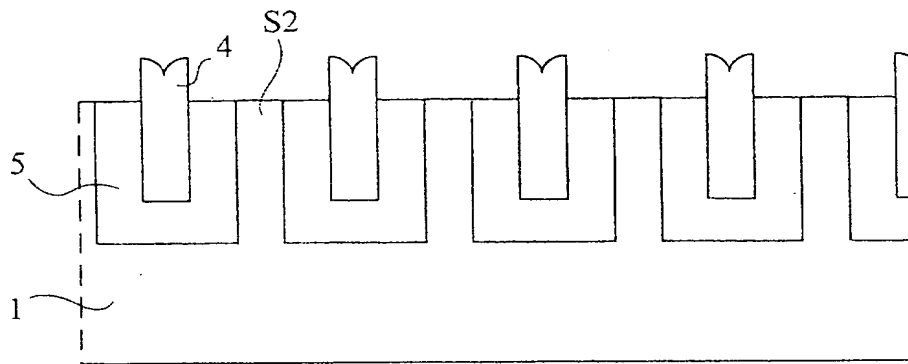


Fig 5

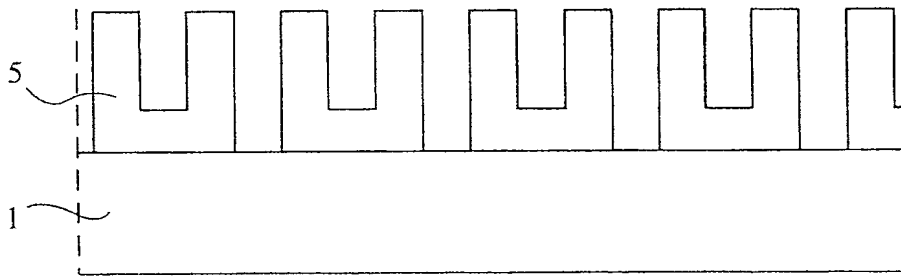


Fig 6

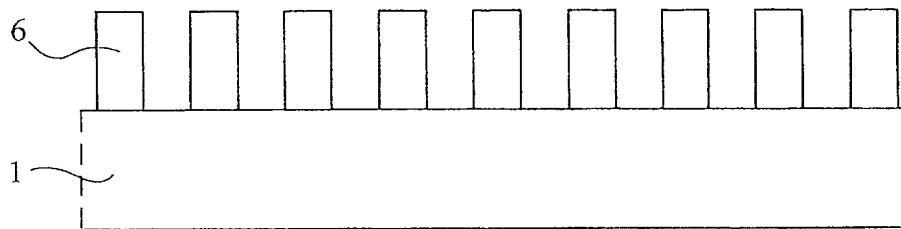


Fig 7

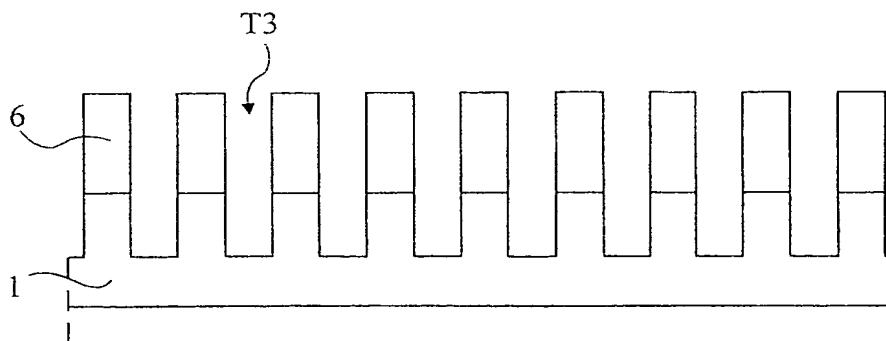


Fig 8

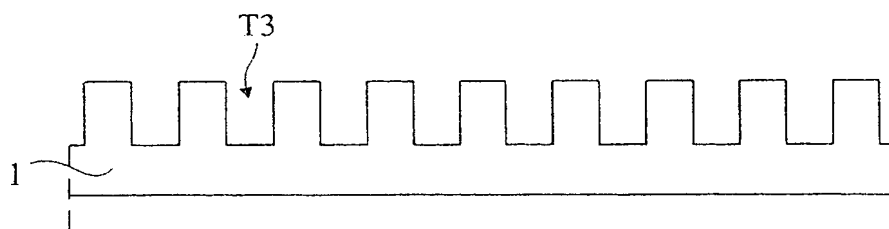


Fig 9

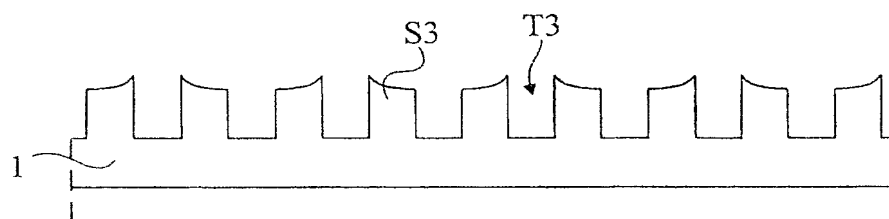


Fig 10

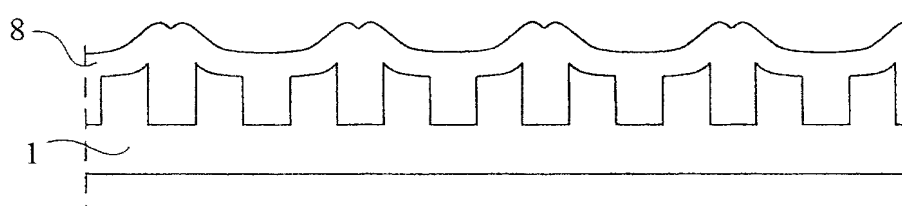


Fig 11

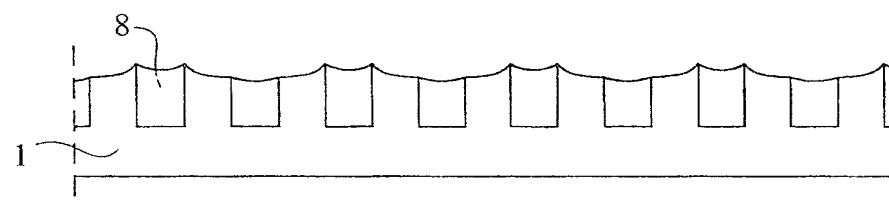


Fig 12

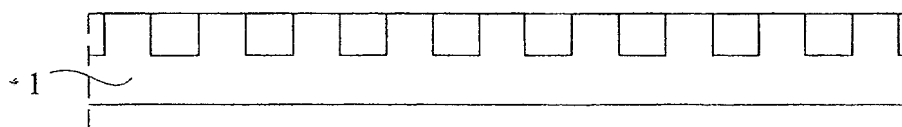


Fig 13

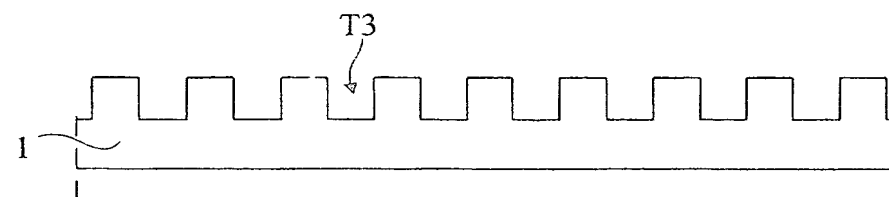


Fig 14



DÉPARTEMENT DES BREVETS
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION,
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) PAGE N°1/ 1
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B5807	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02/14480	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
RÉALISATION DE TRANCHÉES FINES ET RAPPROCHÉES			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
STMicroelectronics SA			
DESIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite "Page N°1/1" S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Prénoms & Nom		Patrick <u>POVEDA</u>	
ADRESSE	Rue	26, Rue Emile Bouin	
	Code postal et ville	37110	VILLEDOMER, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom			
ADRESSE	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom			
ADRESSE	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE (S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Michel de Beaumont Mandataire n° 92-1016 Le 19 novembre 2002			

THIS PAGE BLANK (USPTO)